E/CONF.39/A/313
1 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3.2.2 Italie

POSSIBILITE DE DEDUIRE LE DIAGRAMME DE DISTRIBUTION PAR LA COURBE HYPSOMETRIQUE DU BASSIN VERSANT

Par C. VIPARELLI,
Istituto di Idraulica
e Costruzioni Idrauliche,
Università di Napoli

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

Possibilité de déduire le diagramme de distribution par la courbe hypsométrique du bassin versant.

VIPARELLI C.

I : La méthode dite rationnelle et le diagramme de distribution

a. Si l'on considère le bassin versant dans une section determinée Z, on définit:

- temps de concentration τ correspondant à un point générique, la durée de trajet d'une particule d'eau entre le point où elle tombe et Z;

- temps de concentration $\overline{\tau}$ du bassin, la valeur de τ au point le plus éloigné de Z;

- lignes isochrones de ruissellement, les lignes lieu des points auxquels correspond une même valeur de τ.

Comme on sait, la méthode dite rationnelle s'appuie à l'hypothèse que les temps de concentration τ sont pratiquement indépendants des intensités des précipitations tombées sur le bassin versant, des débits et du stockage dû aux variations de tirant d'eau dans le réseau hydrographique.

Par conséquent, connaissant l'allure des lignes isochrones de ruissellement, le bassin versant peut être divisé en des zones partielles, $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n$, chacune desquelles est limitée par des lignes isochrones successives auxquelles correspondent des valeurs de τ qui diffèrent d'une quantité $\Delta t = \frac{\overline{\tau}}{n}$.

Cela dit, si l'on indique par $h_1, h_2, \ldots, h_K$ les hauteurs moyennes de pluie tombées sur le bassin versant pendant de successifs intervalles de temps $\Delta t = \overline{\tau}/n$, on admet que la contribution donnée à l'écoulement par la pluie tombée pendant l'intervalle j, égale à $\psi_j h_j S$, se partage en n successifs intervalles Δt par la loi $\psi_j h_j S = \psi_j h_j \sigma_1 + \psi_j h_j \sigma_2 + \ldots + \psi_j h_j \sigma_n$, où $\psi_j h_j \sigma_1$ est l'aliquote qui passe par Z au premier Δt, $\psi_j h_j \sigma_2$ celle qui passe au second Δt et ainsi de suite.

En définitive, si l'on appelle hydrogramme élémentaire celui qui est provoqué par la pluie tombée pendant chaque intervalle Δt, on obtient l'hydrogramme de crue en Z en sommant les successifs hydrogrammes élémentaires considérés isolément et décalés l'un par rapport à l'autre pendant le temps d'une quantité égale à Δt.

b. Vu que les pluies qui tombent sur le bassin au commencement de l'averse peuvent, pour la plus grande partie, ne donner aucune contribution à l'hydrogramme de ruissellement, dans les élaborations proposées avec la méthode dite

rationnelle on devrait considérer seulement les hydrogrammes élémentaires qui se rapportent à la durée efficace de la pluie. Au contraire, si, comme on fait d'ordinaire, on introduit aussi les hydrogrammes élémentaires qui correspondent à la phase initiale, on devrait admettre que pour eux ψ_j a des valeurs nulles ou pratiquement nulles. D'une manière analogue, aussi dans les phases successives on devrait tenir compte d'une certaine variabilité de ψ_j qui, pour des averses particulièrement longues et intenses, pourrait résulter, pour les derniers hydrogrammes élémentaires, très proche de l'unité.

c. Si l'on considère n'importe lequel des hydrogrammes élémentaires et si l'on indique avec $\psi_j h_j S$ la contribution aux débits de ruissellement due à la pluie h_j à laquelle il se rapporte, puisque on a que $\psi_j h_j S = \psi_j h_j \sigma_1 + \ldots\ldots, + \psi_j h_j \sigma_n$, on peut dire que, si les hypothèses avancées pour appliquer la méthode rationnelle sont vraies, la contribution $\psi_j h_j S$, que la pluie tombée pendant l'intervalle j donne au débit de ruissellement, se partage entre les n successifs intervalles de temps Δt en des parties proportionelles aux aires $\sigma_1, \sigma_2, \ldots\ldots, \sigma_n$.

Par conséquent, si sur un diagramme cartésien on reporte en abscisse les successifs intervalles de temps Δt et en ordonnée les rapports σ_i/S, disposés en ordre croissant de i, on a la représentation immédiate de la loi selon laquelle dans chaque hydrogramme élémentaire les débits de ruissellement se partagent dans le temps (diagramme de distribution).

On peut tirer un diagramme analogue pour une averse d'intensité constante ayant une durée égale à $2\,\Delta t$ (ou, en général, à un multiple K de Δt), mais pas supérieur à $\overline{r}$, partant de l'hydrogramme composé qu'on déduit en sommant, decalés pendant le temps les 2, (ou K), hydrogrammes élémentaires qui correspondent à une pluie ayant pendant chaque intervalle Δt une intensité égale à celle qu'on considère.

Il est évident, et on peut le vérifier facilement, que, aussi dans ce cas, le nouveau diagramme qu'on obtient résulte indépendant de l'intensité de la pluie, mais il a une hauteur et une longueur de base qui croissent au fur et à mesure que la durée de la pluie croît (ou, ce qui est la même chose, que n croît).

Il est evident aussi que ce type de diagramme coincide avec le diagramme de distribution introduit par voie empirique par Bernard.

On peut, pourtant, conclure que, en partant de la méthode dite rationnelle et en acceptant les hypothèses qu'on y introduit pour en simplifier la mise en oeuvre, on retrouve les mêmes résultats que Sherman et Bernard ont déduit, par voie empirique, en élaborant les relevés pluviométriques et limnimétriques afférents à des crues qui se sont vérifiées dans quelques cours d'eau des Etats Unis. D'un côté cela confirme la validité des hypothèses introduites pour appliquer la méthode rationnelle, de l'autre cela élimine bien des réserves avancées sur la validité générale des méthodes proposées par Sherman et par Bernard sur des bases simplement empiriques.

2 : Diagramme de distribution et courbe hypsométrique

a. D'après ce qu'on a dit au paragraphe Ier, lorsque dans la section Z, où il faut évaluer l'hydrogramme afférent à une averse donnée, on ne dispose pas de relevés limnimétriques, le diagramme de distribution peut être déduit d'une

manière directe en partant de la courbe hypsométrique, qui, comme il est notoire, donne en abscisse la surface du bassin qui se trouve au dessous des cotes d'altitude portées en ordonnées.

En effet, à travers les nombreux exemples dont on parlera au paragraphe suivant, il paraît légitime admettre que les lignes isochrones de ruissellement coincident avec des courbes de niveau et que, si $\bar{H}$ est l'altitude moyenne du bassin rapportée à la cote du fond du lit dans la section Z, les lignes isochrones correspondant à des temps de concentration qui se différencient entre eux d'un intervalle de temps Δt, égal à $\bar{r}/n$, coïncident avec des courbes de niveau distanciées entre elles par des intervalles égaux à $\bar{H}/n$.

Par conséquent, pour évaluer les aires $\sigma_1, \sigma_2 \ldots, \sigma_n$ comprises entre les lignes isochrones d'écoulement qui correspondent à des temps de concentration r égaux respectivement à $1, 2, \ldots, n\,\Delta t$, Δt étant une fraction de $\bar{r}$, en se rapportant à des courbes de niveau placées, par rapport à la cote du fond en Z, à des cotes $1, 2 \ldots, n\,\Delta H$, ΔH étant égal à H/n, on peut admettre que l'aire σ_1, coïncide avec l'aire renfermée dans l'isohypse plus basse 1, l'aire σ_2 avec celle qui est renfermée entre les isohypses 1 e 2, et ainsi de suite.

En définitive, les successives ordonnées du diagramme de distribution pour $t = 1\,\Delta t,\ 2\,\Delta t, \ldots, n\,\Delta t = r$, seront égales respectivement à $\sigma_1/S, \ldots, \sigma_n/S$, S étant la superficie du bassin versant.

3 : Principes suivis dans l'élaboration des données expérimentales

a. Pour vérifier l'hypothèse avancée au paragraphe précédent on a pris en considération des crues qui se sont vérifiées en des bassins de l'Italie Méridionale et Insulaire en ayant soin que la superficie S de ces bassins varie pour une vaste étendue, d'un maximum de quelques milliers de Km^2 à un minimum d'à peu près 10 Kmc.

b. En voie préliminaire, après le dépouillement des relevés publiés par le Service Hydrographique Italien (S.I.I.), pour chaque bassin on a déduit la loi par laquelle les débits du cours d'eau se tarissent pendant les périodes où il n'y a pas de pluie et, par conséquent, pour chaque précipitation on a pu isoler l'hydrogramme de crue (loi de variation dans le temps des débits Q' obtenus comme différence entre les débits Q et les débits de base q) et obtenir la valeur moyenne du coefficient de ruissellement ψ (rapport entre les débits cumulés D et les précipitations A tombées sur le bassin pendant l'averse).

c. Pour évaluer le temps de concentration $\bar{r}$ on a adopté la formule empirique proposée par Giandotti:

$$\bar{r} = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5\,L}{0{,}8\sqrt{\bar{H}}}$$

en prenant pour S, superficie du bassin, et par L, longueur de celui-ci le long du cours d'eau principal du réseau hydrographique, les projections horizontales telles qu'on les déduit de la cartographie; l'altitude moyenne $\bar{H}$, rapportée à la cote du fond du lit à l'exutoire du bassin, a été obtenue par la courbe hypsométrique.

D'ailleurs, la valeur de $\bar{r}$ calculée par la formule de Giandotti est contenue entre les valeurs qu'on obtient d'une manière plus simple en faisant le rapport entre la longueur L du bassin et une vitesse fictive v qui, d'après ce qu'on a constaté aussi pour d'autres bassins, doit rouler autour de 1 m/sec et qui dans aucun cas ne doit dépasser 1,5 m/sec.

d. Pour une valeur donnée de $\bar{r}$, le diagramme de distribution se modifie selon qu'on considère des intervalles partiels $\Delta t = \bar{r}/n$ plus ou moins longs, selon, c'est-à-dire, la valeur qu'on a admise pour n. En tenant compte de cela, les élaborations ont été répétées en donnant pour n des valeurs différentes. On a obtenu des résultats satisfaisants avec Δt = 1/5-1/6 : pour des valeurs plus brèves les discontinuités dans le diagramme reconstruit résultent bien plus accentuées que dans le diagramme relevé, pour des valeurs plus longues il arrive le contraire.

e. Enfin, on a admis que pendant toute la durée de la crue le coefficient de ruissellement ψ_j se maintient constant et égal à la valeur moyenne ψ déduite avec les principes exposés au précedent alinéa b.

f. En reportant en diagramme l'hydrogramme de crue reconstruit pour le comparer avec le diagramme relevé, comme on devait sommer aux débits Q' de l'hydrogramme reconstruit ceux de base q, on a préféré admettre que ces derniers débits sont égaux à ceux qu'on aurait eu dans le cours d'eau si l'averse qui a provoqué la crue ne s'était pas vérifiée. C'est-à-dire on a négligé le fait qu'une portion des eaux météoriques, absorbée par le sol, grossit la nappe qui alimente les débits de base q, de manière que aussi ceux-ci ressentent de la pluie tombée.

4 : Discussion sur les résultats des élaborations

a. Les diagrammes Q' (t) reconstruits ont été toujours adhérents aux diagrammes enregistrés et, en outre, l'adhérence entre les deux diagrammes résulte encore plus satisfaisante que celle qu'on peut obtenir lorsque le diagramme de distribution peut être déduit par voie empirique avec les principes proposés par Sherman et par Bernard.

b. En général, entre diagramme reconstruit et diagramme enregistré on remarque quelques écartements systématiques dont il convient discuter les motifs.

D'abord, les débits reconstruits au commencement de la précipitation sont bien plus grands que les débits enregistrés, tandis que, successivement, ils ont aussi la tendance à en être plus petits. Deuxièmement, le diagramme reconstruit a toujours une certaine anticipation dans le temps par rapport au diagramme enregistré.

Le premier phénomène se justifie facilement par le fait que, contrairement à ce qui arrive dans la réalité, où l'on passe des valeurs initiales de ψ_j pratiquement égales à zéro à des valeurs limite qui s'approchent de un (I-b), dans les élaborations on a admis que la pluie est efficace aux effets de la crue dès le commencement et l'on a établi $\psi_j = \psi$ = const.

Ni l'on ne peut oublier qu'à l'erreur commise en admettant ψ_j = const. se superpose celle d'avoir sommé les débits Q' de l'hydrogramme reconstruit à des débits de base q inférieurs aux débits effectifs (3-f).

Le déphasage dans le temps doit être attribué lui aussi surtout à l'erreur commise en admettant que dans les successifs hydrogrammes élémentaires ψ_j se maintient constant et égal à ψ.

En effet, si, en partant d'un même diagramme de distribution, on considère une pluie d'une durée assez longue et si l'on reconstruit les hydrogrammes de crue qui en sont la conséquence en faisant deux diverses hypothèses à l'égard des valeurs de ψ_j dans les successifs hydrogrammes élémentaires, en admettant dans la première hypothèse que ψ_j se maintient constant et dans la seconde, avec plus d'adhérence à la réalité, que ψ_j passe de la valeur zéro, qu'il a pour les premiers hydrogrammes élémentaires, à des valeurs de plus en plus croissants pour les hydrogrammes successifs, il est facile de vérifier que, à une égale valeur du volume ruisselé, et donc, à une égale valeur du coefficient de ruissellement ψ relatif à la durée entière de la précipitation, l'hydrogramme reconstruit d'après la deuxième hypothèse se présente en retard par rapport à l'hydrogramme reconstruit d'après la première.